

الفصل الثامن

قوانين نيوتن للحركة

- (١) كمية الحركة صفحة ١٧
- (٢) القانون الأول لنيوتن صفحة ١٩
- (٣) القانون الثاني لنيوتن صفحة ٢٣
- (٤) الحركة داخل المصاعد صفحة ٢٧
- (٥) الحركة على مستوى مائل أملس صفحة ٣٠
- (٦) الدفع والتصادم صفحة ٣٢

قوانين نيوتن للحركة Newton's Laws of Motion

تعريف الكتلة :

هى كمية قياسية موجبة تتناسب مع وزن الجسم بشرط قياس الأوزان فى مكان واحد
نرمز للكتلة بالرمز (ك) .

وحدات قياس الكتلة :

الطن = ١٠٠٠ كيلوجرام ، الكيلوجرام = ١٠٠٠ جرام ، الجرام = ١٠٠٠ ملليجرام

تعريف كمية الحركة Momentum :

كمية حركة جسيم فى لحظة ما هو المتجه الناتج من حاصل ضرب كتلة الجسيم فى متجه سرعته عند هذه اللحظة .

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

القياس الجبرى لكمية الحركة : $m = K \cdot v$

وحدات قياس كمية الحركة :

جم . سم / ث ، كجم . متر / ث ، كجم . كم / س

التغير فى كمية الحركة :

إذا أثرت قوة ق على جسيم كتلته ك فغيرت سرعته من v إلى v' فإن :

التغير فى كمية الحركة = $K(v' - v)$

ملاحظات هامة :

(١) إذا كانت v ، v' لهما نفس الاتجاه : يكون لهما نفس الإشارة

(٢) إذا كانت v ، v' فى اتجاهين متضادين : يكون لهما إشارتين مختلفتين

ونعطى إشارة موجب للسرعة v وبالتالى إشارة v' سالبة

مثال (١) : أوجد بالجم . سم / ث كمية حركة جسم كتلته ٥ كجم ويتحرك بسرعة ١٨ كم / س .

الحل :

$$\text{كمية الحركة} = m = K \cdot v = \frac{250}{9} \times 18 \times 1000 \times 5 = 2500000 \text{ جم . سم / ث}$$

مثال (٢) : جسم كتلته ٥٠ جم بدأ حركته بسرعة ٤٠ سم / ث وبعجلة منتظمة قدرها ٢٠ سم / ث^٢ .

أوجد كمية حركته بعد مضي نصف دقيقة من بدء الحركة .

الحل :

$$\therefore v = v_0 + at \quad \therefore v = 40 + 20 \times 30 = 640 \text{ سم / ث}$$

$$\therefore m = K \cdot v \quad \therefore \text{كمية الحركة} = 640 \times 50 = 32000 \text{ جم . سم / ث}$$

مثال (٣) : كرة من المطاط كتلتها ٦٥ جم تتحرك أفقياً بسرعة ٣٥ سم / ث . اصطدمت بمضرب عمودى على اتجاه حركتها ، وارتدت أفقياً بسرعة ٢٥ سم / ث . احسب التغير فى كمية حركتها نتيجة لهذا التصادم .

الحل :

$$ع = ٢٥ \text{ سم / ث} ، ع = -٣٥ \text{ سم / ث}$$

$$\text{التغير فى كمية الحركة} = ك (ع - ع) = ٦٥ (٢٥ + ٣٥) = ٣٩٠٠ \text{ جم . سم / ث}$$

مثال (٤) : تتحرك سيارة بعجلة منتظمة مقدارها ١٢٥ سم / ث^٢ ، فإذا تغيرت سرعتها من ٧٥٠ سم / ث إلى ٣٦ كم / س خلال زمن ما ، وكان التغير فى كمية حركة السيارة خلال هذا الزمن ٧٥٠ طن . سم / ث . احسب كتلة السيارة والمسافة التى قطعتها .

الحل :

$$٧٥٠ \times ١٠ = ٦١٠ \times ٣٦ \text{ ك (} \frac{٢٥٠}{٩} \times ٣٦ - ٧٥٠ \text{)}$$

$$\text{ومنها ك} = ٣٠٠٠ \text{ كجم}$$

$$٢٠ = ع = ٢٠ + ٢٠ \text{ ج ف} \therefore \text{ع} = ٢٠ + ٢٠ = ٤٠ \text{ سم / ث}$$

$$\therefore \text{ع} = ٢٠ + ٢٠ = ٤٠ \text{ سم / ث} \therefore \text{ع} = ٢٠ + ٢٠ = ٤٠ \text{ سم / ث}$$

مثال (٥) : من نقطة أسفل سقف بمسافة ١١٠ سم قذفت كرة رأسياً إلى أعلى بسرعة ٨٤٠ سم / ث . ولما اصطدمت بالسقف ارتدت رأسياً إلى أسفل ولذلك تغيرت كمية حركتها بمقدار ٣٠٠٠٠ جم . سم / ث . فإذا كانت كتلة الكرة ٣٠ جم فما سرعة ارتدادها

الحل :

$$\text{نحسب سرعة الكرة عند وصولها إلى سطح السقف من القانون} ع = ٢٠ + ٢٠ \text{ ف حيث}$$

$$٨٤٠ = ع ، ع = -٩٨٠ \text{ سم / ث} \therefore \text{ع} = ٩٨٠ \text{ سم / ث}$$

$$\therefore \text{التغير فى كمية الحركة} = ك (ع - ع) = ٣٠ (٩٨٠ + ٨٤٠) = ٣٠٠٠٠ \text{ جم . سم / ث}$$

مثال (٦) : تتحرك سيارة على طريق مستقيم بسرعة ٩٠ كم / س . هبت عاصفة رملية فى الاتجاه المضاد لحركة السيارة بسرعة ٦٠ كم / س . فإذا علم أن كتلة حبة الرمل تساوى ١٠ ملليجرام ، فأوجد كمية حركة حفنة من الرمل بها ٣٦٠ حبة بالنسبة للسيارة بوحد الجم . سم / ث

الحل :

$$\text{باعتبار اتجاه السيارة موجب : } ع = ٩٠ \text{ كم / س} ، ع = -٦٠ \text{ كم / س}$$

$$\therefore ع = ع - ع = ٩٠ - ٦٠ = ٣٠ \text{ كم / س}$$

$$\therefore \text{كتلة حفنة الرمل} = ٣٦٠ \times ١٠ = ٣٦٠٠ \text{ ملليجرام} = ٣,٦ \text{ جرام}$$

$$\therefore \text{كمية حركة الرمل} = م = ك = ع = ٣,٦ \times ١٥٠ = ٥٤٠ \text{ جم . كم / س}$$

$$\therefore \text{مقدار كمية الحركة} = ٥٤٠ \text{ جم . كم / س} = ١٥٠٠ \times ١٠٠ \div (٦٠ \times ٦٠) = ١٥٠٠ \text{ جم . سم / ث}$$

تمارين (٣ - ١)

- (١) قارن بين كمية حركة قطار كتلته ١٢ طن يتحرك بسرعة ١٨ كم / س وكمية حركة سيارة كتلتها ٢ طن تتحرك بسرعة ٢٥ متر/ ث ، مقدراً الجواب بالطن . كم / س .
[الجواب : ٣٦ طن . كم / س]
- (٢) يتحرك جسم كتلته ١,٥ كجم بسرعة ابتدائية ١٨ سم / ث وبعجلة منتظمة ٤ سم / ث^٢ . فما هي كمية حركته بعد ٨ ثوان بوحدة الجم . سم / ث .
[الجواب : ٧٥٠٠٠ جم . سم / ث]
- (٣) مدفع سريع الطلقات يطلق ٦٠٠ رصاصة في الدقيقة ، فإذا علم أن كتلة الرصاصة الواحدة ١٤,٧ جم ، وأن سرعة كل رصاصة عند خروجها من فوهة المدفع ٢٠٠ متر/ ث فأوجد كمية الحركة المتولدة في الثانية .
[الجواب : ٢٩٤ × ١٠^٤ جم . سم / ث]
- (٤) كرة كتلتها ١٠٠ جم تتحرك أفقياً بسرعة ٣٠ متر/ ث اصطدمت بحائط رأسى فارتدت بسرعة ١٩ متر/ ث في اتجاه عمودى على الحائط . أوجد التغير في كمية حركة الكرة .
[الجواب : ٤,٩ كجم . متر/ ث]
- (٥) سقطت كرة من المطاط كتلتها ١٠٠ جم من ارتفاع ١٦٠ سم عن سطح الأرض فارتدت إلى ارتفاع ٩٠ سم . أوجد مقدار التغير في كمية حركة الكرة نتيجة التصادم مقدراً بالجم . سم / ث .
[الجواب : ٩٨٠٠٠ جم . سم / ث]
- (٦) تركت كرة من المطاط كتلتها ٥٠ جم لتسقط من ارتفاع ٣,٦ متراً عن سطح الأرض فارتدت إلى ارتفاع ٢,٥ متراً أوجد مقدار التغير في كمية حركتها نتيجة التصادم بوحدة الجم . متر/ ث .
[الجواب : ٧٧٠ جم . متر/ ث]
- (٧) أطلق مدفع مضاد للدبابات قذيفة كتلتها ٢ كجم بسرعة ١٥٠ متر/ ث في اتجاه دبابة تتحرك نحو المدفع بسرعة ٣٦ كم / س فأصابها . أوجد مقدار كمية الحركة المطلقة للقذيفة وكذلك مقدار كمية حركتها بالنسبة للدبابة ، وقارن بينهما .
[الجواب : ٣٠٠ كجم . متر/ ث ، ٣٢٠ كجم . متر/ ث]

قوانين نيوتن Newton's Laws القانون الأول لنيوتن Newton's First Law

يظل كل جسم على حالته من سكون أو حركة منتظمة ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي يغير من حالته .

alyeldeen.com

تفسير القانون جبرياً :

السكون = الحركة المنتظمة (سرعة منتظمة) = أقصى سرعة ، يكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم تساوي الصفر

ملاحظات هامة :

(١) إذا كان الجسم يتحرك بأقصى سرعة أو بسرعة ثابتة أو حركة منتظمة فهذا يعنى أنه يتحرك بسرعة منتظمة

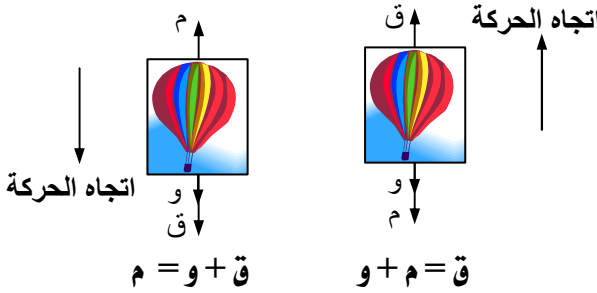
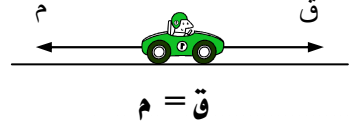
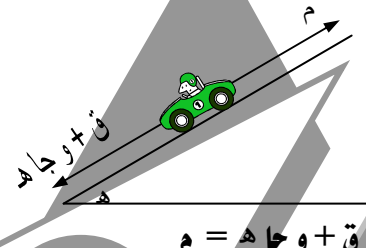
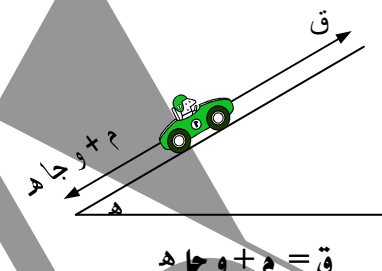
(٢) إذا تحرك الجسم تحت تأثير مقاومات تتناسب مع سرعته فإن :

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_0}$$

(٣) إذا تحرك الجسم تحت تأثير مقاومات تتناسب مع مربع سرعته فإن :

$$\frac{1}{v^2} = \frac{1}{v_0^2}$$

تطبيقات القانون الأول :

<p>(٢) الحركة الرأسية بسرعة منتظمة :</p>  <p>اتجاه الحركة</p> <p>ق = م + و</p> <p>ق = و + م</p>	<p>(١) الحركة الأفقية بسرعة منتظمة :</p>  <p>ق = م</p>
<p>ثانياً : الحركة لأسفل المستوى :</p>  <p>ق + و = م</p>	<p>(٣) الحركة على مستوى مائل بسرعة منتظمة :</p> <p>أولاً : الحركة لأعلى المستوى :</p>  <p>ق = م + و</p>

مثال (١) : قطار كتلته ٥٠٠ طن يتحرك بسرعة منتظمة ، فإذا كانت المقاومة لحركته ١٠ ث كجم لكل طن من كتلة القطار ، أوجد قوة المحرك .

الحل :

المقاومة الكلية = ٥٠٠ × ١٠ = ٥٠٠٠ ث كجم

∴ القطار يتحرك بسرعة منتظمة ∴ ق = م ∴ قوة المحرك = ٥٠٠٠ ث كجم

مثال (٢) : قطار كتلته ٦٢٥ طن يصعد بأقصى سرعة له منحدرًا يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{1}{5}$ ، فإذا كانت قوة القاطرة تعادل ١٥ ث طن . فأوجد المقاومة بثقل الكجم لكل طن من الكتلة .

الحل :

∴ الحركة بأقصى سرعة (سرعة منتظمة)

∴ ق = م + و ج هـ (حيث م المقاومة الكلية)

∴ ١٥ × ٦٢٥ + م = ١٠٠٠ × $\frac{1}{5}$ ∴ م = ٢٥٠٠ ث كجم

∴ المقاومة لكل طن من الكتلة = ٦٢٥ ÷ ٢٥٠٠ = ٤ ث كجم لكل طن .

مثال (٣) : تتحرك طائرة كتلتها ٥٠ طن رأسياً إلى أعلى بسرعة ثابتة ضد مقاومات تعادل ٢٠٠ ث كجم لكل طن من كتلة الطائرة . أوجد قوة محرك الطائرة .

الحل :

∴ الحركة بسرعة ثابتة (سرعة منتظمة)

∴ ق = م + و ج هـ

∴ قوة المحرك = ١٠٠٠ × ٥٠ + ٥٠ × ٢٠٠ = ٦٠٠٠٠ ث كجم = ٦٠ ث طن .

مثال (٤) : يهبط أحد جنود المظلات رأسياً ومظلته مفتوحة فإذا كان وزن الجندي ومظلته ١٠٠ ث كجم وكانت مقاومة الهواء تتناسب مع مربع سرعته . فأوجد أقصى سرعة يكتسبها الجندي أثناء هبوطه علماً بأن المقاومة تعادل ٦٤ ث كجم عندما كانت سرعته ١٦ كم / س .

الحل :

$$\therefore m \propto v^2 \quad \therefore \frac{16}{64} = \frac{1}{m} \quad \therefore \frac{1}{16} = \frac{1}{m} \quad \therefore m = 16 \text{ ث كجم}$$

$$m = 16 \text{ ث كجم} \quad v = 16 \text{ كم / س} \quad \therefore \frac{1}{16} = \frac{1}{m} \quad \therefore m = 16 \text{ ث كجم}$$

$$m = 16 \text{ ث كجم} \quad v = 16 \text{ كم / س} \quad \therefore \frac{1}{16} = \frac{1}{m} \quad \therefore m = 16 \text{ ث كجم}$$

مثال (٥) : قاطرة كتلتها ١٢ طن تجر عدداً من العربات كتلة كل منها ٤ طن على مستوى يميل على الأفقى بزاوية جيبيها $\frac{1}{100}$ إلى أعلى بأقصى سرعة ، فإذا كان مقدار قوة الجر ١٠٠٠ ث كجم وكانت المقاومة لحركة القطار والقاطرة تعادل ١٥ ث كجم لكل طن من كتلة القطار والقاطرة معاً . فأوجد عدد العربات .

الحل :

$$\text{نفرض عدد العربات} = s \text{ عربة} \quad \therefore \text{الكتلة الكلية} = (12 + 4s) \text{ طن} \quad \therefore \text{المقاومة الكلية} = 15 \times (12 + 4s) \text{ ث كجم}$$

$$\therefore \text{الحركة لأعلى المستوى المائل وبسرعة منتظمة} \quad \therefore \text{وإنها} = 7 \text{ عربات}$$

مثال (٦) : يتحرك جسم تحت تأثير ثلاث قوى $\vec{F}_1 = 2\vec{i} + 5\vec{j}$ ، $\vec{F}_2 = 5\vec{i} - 8\vec{j}$ ، $\vec{F}_3 = 4\vec{i} - 7\vec{j}$ حيث \vec{i} ، \vec{j} متجهتا وحدة متعامدين ، عين القوة الإضافية التي لو أثرت على الجسم لجعلته يتحرك بسرعة منتظمة . وإذا كانت القوى مقاسة بالنيوتن . فما مقدار واتجاه هذه القوة ؟

الحل :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 2\vec{i} + 5\vec{j} + 5\vec{i} - 8\vec{j} + 4\vec{i} - 7\vec{j} = 11\vec{i} - 10\vec{j}$$

$$\therefore \text{القوة الإضافية التي تجعل الجسم يتحرك بسرعة منتظمة} = -\vec{F} = -11\vec{i} + 10\vec{j}$$

$$\therefore \text{معيارها} = 5 \text{ نيوتن} \quad \text{وتصنع مع المحور السيني الموجب زاوية قياسها} = 180^\circ + 53^\circ = 233^\circ \text{ تقريباً}$$

تمارين (٣ - ٢)

- (١) سيارة كتلتها ٦ طن تسير على طريق أفقى فى خط مستقيم بسرعة منتظمة ضد مقاومات ١٢ ث كجم لكل طن من الكتلة . أوجد قوة محركها . [الجواب : ٧٢ ث كجم]
- (٢) باخرة كتلتها ٢٠٠٠ طن وقوة محركها ٣٢٠٠٠ ث كجم تسير بسرعة منتظمة . أوجد بثقل الكيلوجرام مقدار المقاومة لحركة الباخرة لكل طن من الكتلة . [الجواب : ١٦ ث كجم لكل طن]
- (٣) قاطرة كتلتها ٩٠ طن تجر قطار مكون من ٤ عربات متساوية الكتلة بسرعة منتظمة على طريق أفقى ضد مقاومات تعادل ١٠ ث كجم لكل طن من الكتلة . فإذا كانت قوة محرك القاطرة ٣٣٠٠ ث كجم فما كتلة كل عربة ؟ [الجواب : ٦٠ طن]
- (٤) قاطرة كتلتها ٢٠٠ طن وقوة محركها ٤٠٠٠ ث كجم تسير بسرعة منتظمة تجر عدداً من العربات التى كتلة كل منها ٢٠ طن لأسفل منحدر يميل بزاوية جيبيها $\frac{1}{100}$ فإذا كانت مقاومة الهواء والاحتكاك لحركة القطار ١٥ ث كجم لكل طن من الكتلة . فأوجد عدد العربات . [الجواب : ٣٠ عربة]

(بقية التمارين بالصيغة القادمة)

(٥) سيارة كتلتها ١٦٠٠ كجم تتحرك على طريق أفقى بأقصى سرعة لها . إذا كانت المقاومة لحركة السيارة تعادل $\frac{2}{5}$ وزن السيارة فأوجد بثقل الطن وزن السيارة . [الجواب : ٤ ث طن]

(٦) سيارة وزنها ١٥ ث طن تتحرك بأقصى سرعة لها صاعدة طريق منحدر يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{1}{100}$ فإذا كانت المقاومة ١٥٠ ث كجم فأوجد بثقل الكجم قوة محرك السيارة . [الجواب : ١٦٥ ث كجم]

(٧) قطار يصعد منحدرًا يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{1}{5}$ فإذا علم أن المقاومة ١٢٠٠ ث كجم وكانت قوة القاطرة ٤٢٠٠ ث كجم عندما كان القطار يتحرك بأقصى سرعة له ، فأوجد بثقل الطن وزن القطار . [الجواب : ١٥٠ ث طن]

(٨) قطار كتلته ٣٦٠ طن يصعد منحدرًا يميل على الأفقى بزاوية قياسها ٥° بسرعة ثابتة . فإذا كانت قوة المحرك ١٨٩ ث طن والمقاومة ٢٥ ث كجم لكل طن من الكتلة فأوجد قياس الزاوية ٥° . [الجواب : ٣٠°]

(٩) سيارة تهبط بسرعة ثابتة على مستوى مائل بعد أن أوقف سائقها المحرك ، ونفس السيارة تصعد هذا المستوى بسرعة ثابتة إذا كانت قوة محركها تساوى وزن السيارة . أوجد قياس زاوية ميل المستوى على الأفقى . [الجواب : ٣٠°]

(١٠) سحب جسم إلى أعلى مستوى مائل يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{1}{4}$ بسرعة ثابتة بواسطة قوة تعادل ١٨ ث كجم وتميل على المستوى بزاوية ظلها $\frac{3}{4}$ فإذا كانت المقاومات تعادل $\frac{1}{5}$ وزن الجسم . أوجد وزن الجسم . [الجواب : ٣٢ ث كجم]

(١١) قطار كتلته ٣٧٥ طن يتحرك على طريق أفقى فى خط مستقيم ضد مقاومات تتناسب مع مربع سرعته . فإذا كانت المقاومات تعادل ١٠ ث كجم لكل طن من الكتلة عندما كانت سرعته ٤٥ كم / س . فأوجد أقصى سرعة للقطار عندما تكون قوة القاطرة ١٥ ث طن . [الجواب : ٩٠ كم / س]

(١٢) سيارة كتلتها ١,٥ طن تسير على طريق أفقى بسرعة ثابتة وعندما وصلت السيارة إلى قمة منحدر يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{3}{100}$ أوقف سائقها المحرك فهبطت المنحدر بنفس السرعة . فإذا كانت المقاومة على الطريق المنحدر تعادل $\frac{3}{5}$ المقاومة على الطريق الأفقى ، فأوجد قوة محرك السيارة بثقل الكجم وكذلك أوجد المقاومة لكل طن على الطريق الأفقى . [الجواب : ٧٥ ث كجم ، ٥٠ ث كجم لكل طن]

(١٣) تحرك جسم تحت تأثير قوتين $\vec{F}_1 = 2\vec{S} - \vec{S}$ ، $\vec{F}_2 = 4\vec{S} - 7\vec{S}$ حيث \vec{S} ، \vec{S} متجهتا وحدة متعامدان ومقادير القوى مقاسة بالنيوتن . عين مقدار القوة الإضافية التى لو أثرت على الجسم لجعلته يتحرك بسرعة منتظمة . [الجواب : ١٠ نيوتن]

(١٤) تحرك جسم بسرعة منتظمة تحت تأثير القوى المستوية الثلاثة \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 ، \vec{F}_3 وكانت مقادير القوى مقاسة بالنيوتن ، $\vec{F}_1 = 3\vec{S} - 9\vec{S}$ ، $\vec{F}_2 = 4\vec{S} - 15\vec{S}$ حيث \vec{S} ، \vec{S} متجهتا وحدة متعامدان . أوجد مقدار \vec{F}_3 . [الجواب : ٢٥ نيوتن]

(١٥) يتحرك جسم بسرعة منتظمة تحت تأثير القوتين $\vec{F}_1 = 2\vec{S} - \vec{S}$ ، $\vec{F}_2 = -\vec{S} + 7\vec{S} + 5\vec{S}$ ، $\vec{F}_3 = \vec{S} - 8\vec{S}$ ، $\vec{F}_4 = 2\vec{S} + \vec{S}$ حيث \vec{S} ، \vec{S} متجهتا وحدة متعامدان . أوجد قيم م ، ن العددية [الجواب : ٣ ، ٤]

القانون الثانى لنيوتن Newton's Second Law

معدل التغير فى كمية حركة جسم بالنسبة للزمن يتناسب مع القوة المحدثه له ويكون فى اتجاهها

الصورة الاتجاهية للقانون : $\vec{v} = \vec{a} \cdot t$ $\vec{v} = \vec{a} \cdot t$ $\vec{v} = \vec{a} \cdot t$
الصورة القياسية للقانون : $v = a \cdot t$ $v = a \cdot t$ $v = a \cdot t$

وحدات قياس مقدار القوة :

(أولاً) الوحدات المطلقة : نيوتن = ١ كجم . متر / ث ، دايين = ١ جم . سم / ث
(ثانياً) الوحدات التثاقلية : ثقل الكيلوجرام ، ثقل الجرام

العلاقة بين الوحدات التثاقلية والوحدات المطلقة :

١ ثقل الكيلوجرام = ٩.٨ نيوتن ، ١ ثقل الجرام = ٩٨٠ دايين
أى : للتحويل من نيوتن إلى ث كجم نقسم على ٩.٨
وللتحويل من دايين إلى ث جم نقسم على ٩٨٠

العلاقة بين النيوتن والداين :

النيوتن = كجم . متر / ث = ١٠٠٠ جم × ١٠٠ سم / ث = ١٠٠٠٠٠ دايين

العلاقة بين الكتلة والوزن :

الكتلة نرسم لها بالرمز (ك) .
الوزن هو مقدار جذب الأرض للجسم ونرمز له بالرمز (و) . $w = K$

تنبيه هام جداً

عند استخدام معادلة الحركة ($v = a \cdot t$) يراعى الآتى :

(١) v هي محصلة القوى المؤثرة على الجسم .

(٢) يجب التنسيق بين الوحدات كالتالى :

v (نيوتن) = ك (كجم) × ج (متر / ث)

v (دايين) = ك (جم) × ج (سم / ث)

مثال (١) : أثرت قوة على جسم كتلته ٤٩ كجم فأكسبته عجلة مقدارها ١٥٠ سم / ث . احسب مقدار هذه القوة :
(أولاً) بالداين . (ثانياً) بثقل الجرام .

الحل :

$$\therefore v = K \cdot J \therefore \text{مقدار القوة} = 150 \times 1000 \times 49 = 7350000 \text{ دايين} = \frac{7350000}{980} = 7500 \text{ ث جم}.$$

مثال (٢) : أثرت قوة مقدارها ١٦ ث جم على جسم ساكن كتلته ٥٦٠ جم . أوجد سرعته بعد مضي ٥ ثوان من بدء الحركة ، وكذلك أوجد المسافة التى قطعها الجسم عندئذ .

الحل :

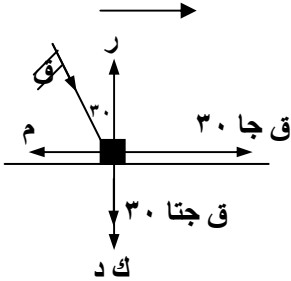
$$\therefore \text{ه} = \text{ك} \quad \therefore ١٦ \times ٩٨٠ = ٥٦٠ \quad \therefore \text{ج} = ٢٨ \text{ سم} / \text{ث}^٢$$

$$\therefore \text{ع} = \text{ع} + \text{ه} \quad \therefore ١٤٠ = ٥ \times ٢٨ + ٠ = \text{ع} \quad \therefore \text{ث}$$

$$\therefore \text{ف} = \text{ع} + \text{ه} \quad \therefore \frac{١}{٢} \text{ ج} = \text{ه} \quad \therefore \text{ف} = ٠ + ٢٨ \times ٢٥ = ٣٥٠ \text{ سم}$$

مثال (٣) : أثرت قوة ١٠٠ نيوتن ويصنع اتجاهها زاوية قياسها ٣٠° مع الرأسى لأسفل على جسم كتلته ٢٠ كجم موضوع على مستوى أفقى فحركته ضد مقاومة ١٠ نيوتن . أوجد عجلة الحركة وكذلك مقدار رد الفعل العمودى .

الحل :



$$\therefore \text{ه} = \text{ك} \quad \therefore \text{ه} = ٣٠ - \text{م} = \text{ك} \quad \therefore \text{ج}$$

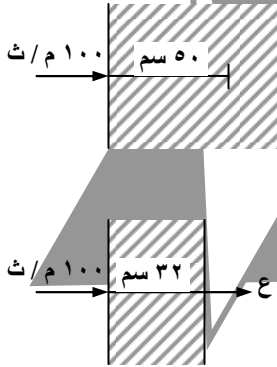
$$\therefore ١٠٠ \times \frac{١}{٢} = ١٠ - ٢٠ = \text{ج} \quad \therefore ٢ = \text{متر} / \text{ث}^٢$$

$$\therefore \text{الحركة أفقية} \quad \therefore \text{المجموع الجبرى لمركبات القوى فى الاتجاه الرأسى} = ٠$$

$$\therefore \text{ر} = \text{ه} + \text{ج} = ٣٠ + ٢٠ = ٥٠ = \frac{٣}{٢} \times ١٠٠ + ٩,٨ \times ٢٠ = ١٩٦ + ٣٧٥٠ \text{ نيوتن}$$

مثال (٤) : أطلقت رصاصة كتلتها ٦٠ جم أفقياً بسرعة ١٠٠ متر/ ث على حاجز رأسى من الخشب ففاصت فيه مسافة ٥٠ سم حتى سكنت . احسب مقدار مقاومة الخشب بالنيوتن ، وإذا أطلقت نفس الرصاصة بنفس السرعة على هدف ثابت من نفس الخشب سمكه ٣٢ سم فأوجد السرعة التى تخرج بها الرصاصة من الهدف .

الحل :



$$\therefore \text{ع} = \text{ع} + \text{ه} \quad \therefore ٢ + \text{ج} = \text{ف} \quad \therefore ٠,٥ \times ٢ + (١٠٠)^٢ = ٠$$

$$\therefore \text{ج} = - ١٠٠٠٠ \text{ متر} / \text{ث}^٢$$

$$\therefore \text{معادلة الحركة داخل الخشب} : \text{م} = \text{ك} \quad \therefore \text{ج}$$

$$\therefore \text{م} = \frac{٦٠}{١٠٠٠} \times - ١٠٠٠٠ = - ٦٠٠ \text{ نيوتن}$$

$$\therefore \text{ع} = \text{ع} + \text{ه} \quad \therefore ٢ + \text{ج} = \text{ف}$$

$$\therefore \text{ع} = (١٠٠)^٢ - ٢ \times ١٠٠٠٠ - ٠,٣٢ \times ١٠٠٠٠ = ٦٠ \text{ متر} / \text{ث}$$

مثال (٥) : قاطرة تجر قطار كتلته مع القاطرة ٣٠٠ طن يتحرك بسرعة منتظمة قدرها ١١,٧٦ متر/ ث . فإذا كانت مقاومة الاحتكاك والهواء تعادل ٢ كجم لكل طن من الكتلة ، فما قوة الآلة ؟ وإذا انفصلت من القطار العربا الأخيرة وكتلتها ٥٠ طن فبين نوع حركة الجزء الباقى الذى به القاطرة وحركة العربا التى انفصلت ، ثم أوجد الزمن الذى تسكن بعده العربا المنفصلة .

الحل :

$$\therefore \text{الحركة بسرعة منتظمة} \quad \therefore \text{ه} = \text{م} \quad \therefore \text{قوة الآلة} = ٣٠٠ \times ٢ = ٦٠٠ \text{ كجم}$$

$$\text{كتلة الجزء الباقى من القطار بعد انفصال العربا الأخيرة} = ٣٠٠ - ٥٠ = ٢٥٠ \text{ طن}$$

$$\text{المقاومة لحركة الجزء الباقى} = ٢٥٠ \times ٢ = ٥٠٠ \text{ كجم}$$

$$\text{معادلة الحركة للجزء الباقى} : \text{ه} = \text{م} = \text{ك} \quad \therefore \text{ج}$$

$$\therefore ٩,٨ \times ٦٠٠ - ٩,٨ \times ٥٠٠ = ٢٥٠ \times ١٠٠٠ \times \text{ج} \quad \therefore \text{ج} = \frac{٩٨}{٢٥٠٠} \text{ متر} / \text{ث}^٢$$

$$\therefore \text{الجزء الباقى من القطار يتحرك حركة متسارعة}$$

$$\therefore \text{المقاومة لحركة العربا المنفصلة} = ٥٠ \times ٢ = ١٠٠ \text{ كجم}$$

$$\therefore 9.8 \times 100 = 980 \times 1000 \text{ ج}$$

$$\text{معادلة حركة العربة : } -m = k \text{ ج}$$

$$\therefore \text{ج} = -\frac{98}{5000} \text{ متر/ث}^2 \therefore \text{العربة المنفصلة تتحرك حركة تقصيرية}$$

$$\therefore \text{ع} = \text{ع} + \text{ج} \therefore 0 = 11.76 - \frac{98}{5000} \therefore 600 = 10 \text{ ث} \therefore 10 \text{ دقائق}$$

مثال (٦) : قفز رجل كتلته ٧٠ كجم من طائرة ساكنة في الجو . وبعد أن هبط رأسياً إلى أسفل مسافة ١٠ متر فتح مظلة النجاة وبعد ٥ ثوان من فتح المظلة لاحظ أن سرعته أصبحت ١٦ متر/ث ، أوجد بثقل الكيلوجرام المقاومة التي تلقاها المظلة عندما تكون مفتوحة .

الحل :

$$\text{نحسب سرعة الرجل قبل فتح المظلة من القانون } \text{ع} = \text{ع} + \text{ج} \therefore \text{ع} = 14 \text{ متر/ث}$$

$$\text{بعد فتح المظلة : نحسب عجلة الحركة من القانون } \text{ع} = \text{ع} + \text{ج} \therefore \text{ج} = 0.4 \text{ متر/ث}^2$$

$$\text{معادلة الحركة هي } -m = k \text{ ج ومنها } m = 658 \text{ نيوتن} = \frac{1}{9} \times 67 \text{ ث كجم}$$

مثال (٧) : سقط جسم كتلته ٥٠ جم رأسياً إلى أسفل من ارتفاع ٢,٥ متر عن سطح الأرض فغاص في طبقة رملية ٥ سم . أوجد مقدار مقاومة الرمل لحركة الجسم بثقل الكيلوجرام بفرض ثبوتها .

الحل :

$$\text{قبل الدخول للرمل : نحسب سرعة الجسم لحظة الدخول من القانون } \text{ع} = \text{ع} + \text{ج} \therefore \text{ع} = 7 \text{ متر/ث}$$

$$\text{بعد الدخول في الرمل : نحسب العجلة بنفس القانون حيث } \text{ع} = 7 \text{ متر/ث} , \text{ع} = 0.5 \text{ متر/ث}^2 \therefore \text{ج} = -490 \text{ متر/ث}^2$$

$$\text{معادلة الحركة هي : } -m = k \text{ ج ومنها } m = 50 \times 490 \times 102 \text{ دالين} = \frac{102 \times 490 \times 50}{1000 \times 980} = 2.55 \text{ ث كجم}$$

مثال (٨) : يتحرك جسيم كتلته k تحت تأثير القوتين : $\vec{F}_1 = 3\vec{k}$ ، $\vec{F}_2 = 4\vec{k}$ حيث \vec{s} ، \vec{v} متجهها وحدة متعامدان . أوجد متجه عجلة حركة الجسيم وعين مقداره .

الحل :

$$\therefore \vec{F} = k \text{ ج حيث } \vec{F} = \text{محصلة القوى المؤثرة على الجسيم} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 3\vec{k} + 4\vec{k} = 7\vec{k}$$

$$\therefore 3\vec{k} + 4\vec{k} = 7\vec{k} \therefore 3\vec{k} + 4\vec{k} = 7\vec{k} \therefore \text{مقدارها} = 5 \text{ وحدات عجلة}$$

مثال (٩) : يتحرك جسيم كتلته الوحدة . فإذا كان متجه سرعته يعطى كدالة في الزمن (t) من العلاقة :

$$\vec{v} = (\vec{u} + \vec{v})\vec{s} \text{ حيث } \vec{s} \text{ متجه وحدة ثابت ، فعين قيمة الثابتين أ ، ب إذا كانت القوة المؤثرة على الجسيم ثابتة وتعطى من العلاقة } \vec{v} = 5\vec{s}$$

الحل :

$$\therefore \vec{v} = (\vec{u} + \vec{v})\vec{s} \therefore \vec{v} = \frac{\vec{v}}{u} = \vec{v} \therefore \vec{v} = (\vec{u} + \vec{v})\vec{s}$$

$$\therefore \vec{v} = k \text{ ج} \therefore 5 = \vec{s} \times 1 = (\vec{u} + \vec{v})\vec{s}$$

$$\therefore 2 = \vec{u} + \vec{v} = 5 \therefore \vec{u} = 0 , \vec{v} = 5 \therefore (\text{لأن الطرفين الأيمن دالة في الزمن بينما الأيسر دالة ثابتة})$$

تمارين (٣ - ٣)

- (١) تتحرك عربة كتلتها ١٩٦٠ كجم بسرعة ٦٣ كم / س . أثرت عليها فراملها التي قوتها ١٢٥٠ ث كجم .
فما المسافة التي تقطعها العربة حتى تقف ؟

[الجواب : ٢٤,٥ متر]

- (٢) قاطرة ساكنة كتلتها ٦٠ طن . أثرت عليها قوة ثابتة فأكسبتها سرعة مقدارها ٢٢ متر/ ث بعد مضي ٥ دقائق من بدء الحركة
فما كتلة قاطرة أخرى ساكنة إذا أثرت فيها نفس القوة لمدة ٢٠٠ ثانية أكسبتها سرعة ٤٤ متر/ ث .

[الجواب : ٢٠ طن]

- (٣) أطلقت رصاصة كتلتها ٣٥ جم على هدف ثابت بسرعة ٤٠٠ متر/ ث في اتجاه أفقى واخترقته وخرجت منه بسرعة ٣٠٠ متر/ ث
فإذا كان سمك الهدف في مكان اختراق الرصاصة ٥ سم . فأوجد بثقل الكيلوجرام المقاومة التي لاقته الرصاصة في أثناء
اختراقها الهدف بفرض ثبوتها .

[الجواب : ٢٥٠٠ ث كجم]

- (٤) يتحرك جسم طائر في الفراغ كتلته ٨٠٠ كجم بسرعة منتظمة ١٩٦ متر/ ث . دخل هذا الجسم فجأة في سحابة محملة بالغبار
وخرج منها بسرعة ٤٩ متر/ ث . أوجد زمن مرور الجسم داخل السحابة علماً بأن المقاومة لحركة الجسم تساوى $\frac{1}{6}$ ث كجم لكل
كيلوجرام من كتلته .

[الجواب : ٧٥ ثانية]

- (٥) قفز رجل كتلته ٨٤ كجم من طائرة . وبعد أن هبط مسافة ١٢,١ متراً فتح المظلة فلاحظ أن سرعته أصبحت ٢٥,٤ متر/ ث بعد
٤ ثوان من فتح المظلة . أوجد بثقل الكيلوجرام المقاومة التي تلقاها المظلة عندما تكون مفتوحة

[الجواب : $\frac{4}{7}$ ٦٢ ث كجم]

- (٦) سقط جسم كتلته ١٠٠ جم رأسياً إلى أسفل من ارتفاع ٣,٦ متراً عن سطح الأرض فغاص في طبقة رملية مسافة قدرها ٣ سم ،
أوجد مقدار مقاومة الرمل لحركة الجسم بثقل الكيلوجرام بفرض ثبوتها .

[الجواب : ١٢,١ ث كجم]

- (٧) سقط جسم كتلته ٣ كجم من ارتفاع ٤,٩ متراً عن أرض رملية فغاص فيها مسافة ٦ سم . فإذا علم أن الجسم فقد $\frac{1}{7}$ مقدار
سرعته عند تصادمه بالأرض فأوجد مقدار مقاومة الرمل لحركة الجسم بثقل الكيلوجرام بفرض أنها ثابتة .

[الجواب : ١٨٣ ث كجم]

- (٨) تتحرك طائرة هليكوبتر كتلتها ٢ طن رأسياً إلى أعلى بعجلة منتظمة ٤٩٠ سم / ث^٢ ضد مقاومات تعادل ٢٢٥٠ ث كجم .
احسب قوة محرك الطائرة بثقل الطن . وإذا هبطت الطائرة رأسياً إلى أسفل وأصبحت المقاومات لحركتها ١٤٠ ث كجم وقوة
محركها عندئذ ٣٦٠ ث كجم فأوجد عجلة هبوطها .

[الجواب : $\frac{1}{4}$ ٥ ث طن ، ٧٣٥ سم / ث^٢]

- (٩) يتحرك جسيم كتلته ك تحت تأثير القوتين : $\vec{F}_1 = 2\vec{K} - \vec{S}$ ، $\vec{F}_2 = \vec{K} + 5\vec{K} - \vec{S}$ حيث \vec{S} ، \vec{K} متجهي
الوحدة الأساسيين . أوجد متجه عجلة الجسيم ومقداره واتجاهه .

[الجواب : $3\vec{S} + 4\vec{K}$ ، ٥ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ، ٤]

- (١٠) يتحرك جسيم كتلته الوحدة . فإذا كان متجه سرعته يعطى كدالة في الزمن (٧) من العلاقة :

$\vec{v} = \vec{e} - (\vec{u})\vec{S} + (\vec{b})\vec{S}$ حيث \vec{S} ، \vec{K} متجهي الوحدة الأساسيين . فعين الثابتين أ ، ب إذا كانت القوة المؤثرة على
هذا الجسيم ثابتة وتعطى من العلاقة $\vec{F} = 2\vec{S} - 3\vec{K}$.

[الجواب : ٢ ، ٣]

- (١١) يتحرك جسيم كتلته ٢ كجم بحيث كانت مركبتا سرعته في الاتجاهين الأفقى والرأسي هما : $\vec{v}_x = 3 - 9,٨\vec{N}$ ، $\vec{v}_y = 3$
مقديرين بوحدة المتر/ ث . عين مقدار واتجاه السرعة الابتدائية لهذا الجسيم وكذلك متجه القوة المؤثرة عليه .

[$2\sqrt{3}$ متر/ ث ، ٤٥° ، ٢ ث كجم أفقياً ضد اتجاه \vec{S}]

القانون الثالث لنيوتن Newton's Third Law

لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه .

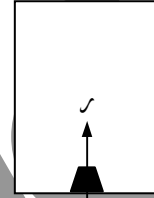
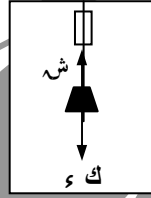
الفعل ورد الفعل قوتان متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه ورغم ذلك لا تحدث إتزاناً . وذلك لأن إحدى القوتين تؤثر في جسم ، بينما القوة الأخرى تؤثر في جسم الآخر .
الفعل ورد الفعل بين جسم ومستوى أملس :

- (١) إذا ارتكز قضيب على مستوى أملس فإن رد الفعل يكون عمودياً على المستوى الأملس وهو يساوي قوة الضغط ويضادها في الاتجاه
- (٢) إذا ارتكز قضيب من إحدى نقطه على وتد أملس فإن رد فعل التود يكون عمودياً على القضيب نفسه عند نقطة الارتكاز .
- (٣) إذا ارتكزت كرة على مستوى أملس فإن رد فعل المستوى يكون عمودياً على المستوى من نقطة تماس الكرة وبالتالي يمر بمركزها

تطبيقات على قوانين نيوتن للحركة

أولاً : جسم موضوع داخل مصعد متحرك

بفرض أن جسمًا كتلته K موضوع على أرضية مصعد أو معلق بواسطة خيط (ميزان زنبركي) في سقف المصعد فإن :



(١) إذا كان المصعد ساكنًا أو متحركًا بسرعة منتظمة :

$$ش = ك$$

$$ر = ك$$

الشد في الخيط (الوزن الظاهري) = الوزن الحقيقي للجسم

رد الفعل (أو الضغط) = مقدار وزن الجسم

(٢) إذا كان المصعد صاعدًا بعجلة منتظمة :

$$ش = ك + ج$$

$$ر = ك + ج$$

الشد في الخيط (الوزن الظاهري) أكبر من الوزن الحقيقي

رد الفعل (أو الضغط) أكبر من الوزن الحقيقي للجسم

(٣) إذا كان المصعد هابطًا بعجلة منتظمة :

$$ش = ك - ج$$

$$ر = ك - ج$$

الشد في الخيط (الوزن الظاهري) أصغر من الوزن الحقيقي

رد الفعل (أو الضغط) أصغر من الوزن الحقيقي للجسم

ملاحظات :

(١) إذا وضع جسم على ميزان ضغط فإن : قراءة الميزان = مقدار الضغط = مقدار رد الفعل

(٢) إذا علق جسم في خطاف ميزان زنبركي فإن : قراءة الميزان = مقدار الشد في الخيط

وفي الحالتين يكون : الوزن الظاهري للجسم = قراءة الميزان = مقدار (ر) أو (ش)

(٣) الميزان المعتاد : يعطى وزنًا حقيقيًا للجسم (ك) في جميع ظروف الحركة .

مثال (١) : مصعد معلق فى سقفه ميزان زنبركى يحمل جسمًا كتلته ١٤ كجم . أوجد الوزن الظاهرى بثقل الكيلوجرام الذى يبينه الميزان فى كل من الحالات الآتية :
 (أولاً) إذا تحرك المصعد بسرعة منتظمة .
 (ثانياً) إذا تحرك المصعد بعجلة منتظمة مقدارها ٧٠ سم / ث^٢ رأسياً إلى أعلى .
 (ثالثاً) إذا تحرك المصعد بعجلة منتظمة مقدارها ٧٠ سم / ث^٢ رأسياً إلى أسفل .

الحل :

(أولاً) عندما يتحرك المصعد بسرعة منتظمة :

ش = ك = ١٤ : الوزن الظاهرى = ١٤ ث كجم

(ثانياً) عندما يتحرك المصعد بعجلة منتظمة ٠,٧ متر/ ث لأعلى :

ش = ك + ع = ١٥ ث كجم : الوزن الظاهرى = ١٤ (٠,٧ + ٩,٨) نيوتن = $\frac{10,5 \times 14}{9,8} = 15$ ث كجم

(ثالثاً) عندما يتحرك المصعد بعجلة منتظمة ٠,٧ متر/ ث لأسفل :

ش = ك - ع = ١٣ ث كجم : الوزن الظاهرى = ١٤ (٠,٧ - ٩,٨) نيوتن = $\frac{9,1 \times 14}{9,8} = 13$ ث كجم

مثال (٢) : علق جسم فى ميزان زنبركى فى سقف مصعد ف سجل الميزان القراءة ٨ ث كجم عندما كان المصعد صاعداً بعجلة منتظمة مقدارها ٦ سم / ث^٢ وسجل القراءة ٦ ث كجم عندما كان المصعد هابطاً بنفس العجلة ، أوجد كتلة الجسم ومقدار ج ، احسب أيضاً قراءة الميزان عندما يكون المصعد هابطاً بتقصير منتظم قدره ١,٥ ج .

الحل :

نفرض كتلة الجسم ك كجم

الحالة الأولى : المصعد صاعد : ش = ك + ع (١)

$$٨ \times ٩٨٠ \times ١٠٠٠ = ك \times ١٠٠٠ + (٩٨٠ + ٦)$$

$$٨ \times ٩٨٠ = ك + (٩٨٠ + ٦) \dots\dots\dots (١)$$

الحالة الثانية : المصعد هابط : ش = ك - ع (٢)

$$٦ \times ٩٨٠ = ك - (٩٨٠ - ٦) \dots\dots\dots (٢)$$

بقسمة (١) على (٢) ينتج لنا ج = ١٤٠ سم / ث^٢ وبالتعويض فى (١) ينتج لنا ك = ٧ كجم

الحالة الثالثة : عندما يكون المصعد هابط بعجلة مقدارها ١,٥ ج = - ٢١٠ سم / ث^٢

$$ش = ك - ع (٣)$$

$$ش = ٧ \times ١٠٠٠ + (٩٨٠ + ٢١٠) = \frac{1190 \times 7000}{1000 \times 980} = ٨,٥ \text{ ث كجم}$$

مثال (٣) : مصعد به ميزان ضغط موضوع على أرضية المصعد ، حمل بفحم وهو ساكن بقاع المنجم فبينت قراءة الميزان ١ طن ثم أخذ المصعد يرتفع بعجلة منتظمة مقدارها ٩٨ سم / ث^٢ مسافة ١,٩٦ متر ثم سار بسرعة منتظمة مسافة ٢ متر ثم بتقصير منتظم مسافة ٣,٩٢ متر حتى سكن عند فوهة المنجم .
 أوجد قراءة الميزان بوزن الطن فى الحالات الثلاثة

الحل :

المرحلة الأولى : المصعد صاعد بعجلة : ر = ك + ع = ١ (٩,٨ + ٠,٩٨) نيوتن

$$\therefore \text{قراءة الميزان} = \frac{10,78 \times 1000}{1000 \times 9,8} = ١,١ \text{ ث طن}$$

المرحلة الثانية : المصعد صاعد بسرعة منتظمة : \therefore قراءة الميزان = ١ ث طن
المرحلة الثالثة : المصعد صاعد بتقصير : ع = ٩ ، ج = ٩ ، ف = ٣,٩٢ متر ، ع = ٠ لأنه سكن
نحسب ع. وذلك بالاستعانة بالمرحلة الأولى حيث أن ع. للمرحلة الثالثة هي نفسها ع للمرحلة الأولى
معلومات المرحلة الأولى : ع = ٠ ، ج = ٩٨ سم / ث^٢ ، ف = ١٩٦ سم ، ع = ٩
 \therefore ع = ٢ + ٢ ج ف \therefore ع = ٢ + ٠ = ٢ \therefore ع = ١٩٦ × ٩٨ × ٢ + ٠ = ٢ \therefore ع = ١٩٦ سم / ث
نعود للمرحلة الثالثة :

\therefore ع = ٢ + ٢ ج ف \therefore ع = ٢ + ٢ (١,٩٦) = ٠ \therefore ج = ٠,٤٩ متر / ث^٢
 \therefore ر = ك (ع + ج) \therefore قراءة الميزان = ١ × ١٠٠٠ (٩,٨ - ٠,٤٩) نيوتن
 \therefore قراءة الميزان = $\frac{٩,٣١ \times ١٠٠٠}{١٠٠٠ \times ٩,٨} = ٠,٩٥$ ث طن

تمارين (٣ - ٤)

(١) رجل كتلته ٨٠ كجم موجود داخل مصعد . عين رد فعل المصعد على الرجل بثقل الكجم في كل من الحالات الآتية :
(أولاً) إذا تحرك المصعد إلى أسفل بسرعة منتظمة ٥ متر / ث^٢ .
(ثانياً) إذا تحرك المصعد إلى أسفل بعجلة منتظمة ٤٩ سم / ث^٢ .
(ثالثاً) إذا تحرك المصعد إلى أعلى بعجلة منتظمة ٤٩ سم / ث^٢ .

[الجواب : ٨٠ ، ٧٦ ، ٨٤ ث كجم]

(٢) مصعد يصعد بعجلة منتظمة ٦٠ سم / ث^٢ . وقف رجل على ميزان ضغط مثبت بقاعدة المصعد فسجل الميزان القراءة ٧٨ ث كجم
أوجد الوزن الحقيقي للرجل . وإذا هبط المصعد بعجلة قدرها ١٤٠ سم / ث^٢ فأوجد قراءة الميزان .

[الجواب : ٧٣,٥ ، ٦٣ ث كجم]

(٣) مصعد مثبت بقاعدته ميزان ضغط ، وقف رجل على الميزان فسجل ١١٠ ث كجم عندما كان المصعد صاعداً بعجلة منتظمة
ج متر / ث^٢ وسجل الميزان ٨٠ ث كجم عندما كان المصعد هابطاً بعجلة منتظمة ٢ ج متر / ث^٢ .
أوجد مقدار كل من العجلة ج وكتلة الرجل .

[الجواب : ٠,٩٨ متر / ث^٢ ، ١٠٠ كجم]

(٤) علق جسم في ميزان زنبركي مثبت في سقف مصعد يتحرك رأسياً إلى أعلى بعجلة منتظمة مقدارها ١,٤ متر / ث^٢ ، فكانت قراءة
الميزان ٨ ث كجم . احسب كتلة الجسم . وإذا وزن هذا الجسم بنفس الميزان والمصعد هابط فكانت قراءة الميزان ٤ ث كجم .
فأوجد مقدار عجلة الهبوط .

[الجواب : ٧ كجم ، ٤٢٠ سم / ث^٢]

(٥) مصعد وزنه ٣٥٠ ث كجم يهبط رأسياً إلى أسفل بعجلة منتظمة ٤٩ سم / ث^٢ وبه رجل كتلته ٧٠ كجم .
أوجد مقدار كل من الشد في الحبل الذي يحمل المصعد ومقدار ضغط الرجل على أرضية المصعد .

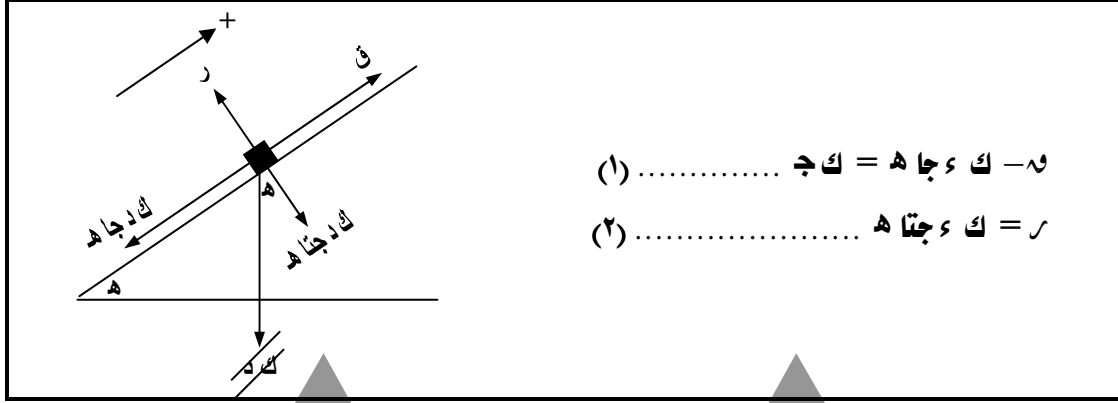
[الجواب : ٣٩٩ ، ٦٦,٥ ث كجم]

(٦) مصعد به ميزان ضغط حمل بالفحم وهو ساكن بقاع المنجم فبيئت قراءة الميزان طناً واحداً ثم اخذ المصعد يرتفع بعجلة منتظمة
مقدارها ٢,٤٥ متر / ث^٢ مسافة ١٠ متر ثم سار بسرعة منتظمة مسافة ٥ متر ثم بتقصير منتظم مسافة ٢٠ متر حتى سكن عند
فوهة المنجم . أوجد قراءات الميزان أثناء المسافات الثلاثة .

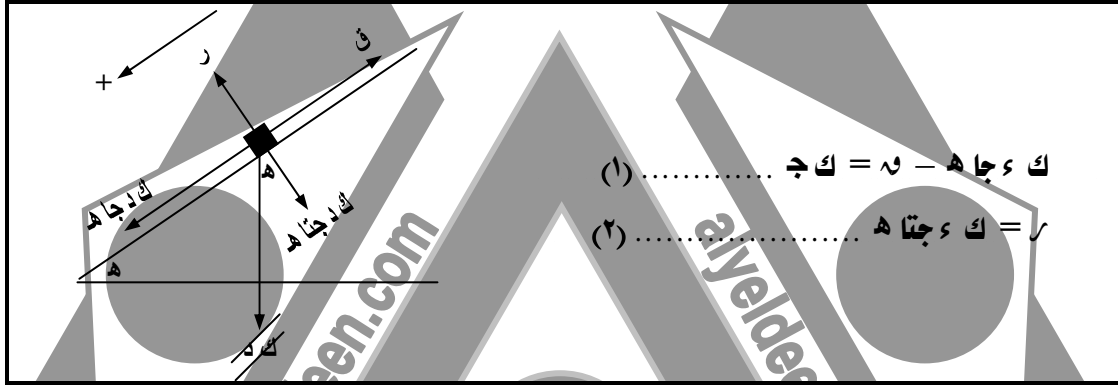
[الجواب : ١٢٥٠ ، ١٠٠٠ ، ٨٧٥ ث كجم]

ثانياً : الحركة على مستوى مائل أملس

(أولاً) إذا كانت الحركة إلى أعلى المستوى بعجلة منتظمة ج :



(ثانياً) إذا كانت الحركة إلى أسفل المستوى بعجلة منتظمة ج :



(ثالثاً) حركة جسم على مستوى مائل أملس تحت تأثير وزنه فقط :

- (١) إذا كان الجسم متحركاً إلى أسفل المستوى فإن : $v = K \sin \theta$
- (٢) إذا كان الجسم متحركاً إلى أعلى المستوى فإن : $v = -K \sin \theta$

ملاحظات هامة :

- (١) إذا كانت $v < K \sin \theta$: فإن الجسم يتحرك إلى أعلى المستوى بعجلة ج
- (٢) إذا كانت $v > K \sin \theta$: فإن الجسم يتحرك إلى أسفل المستوى بعجلة ج
- (٣) إذا كانت $v = K \sin \theta$: فإن الجسم يتحرك بسرعة منتظمة

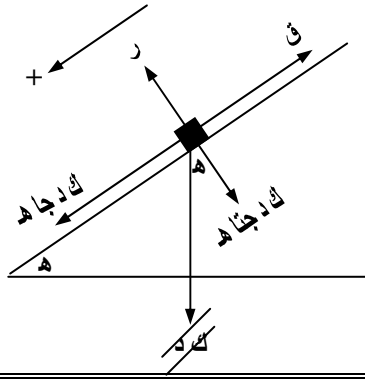
ملاحظة هامة :

إذا كان المستوى خشن (لم يذكر أنه أملس) : تضاف قوة المقاومة (م) في عكس اتجاه الحركة .

مثال (١) : وضع جسم كتلته ١٠ كجم على مستوى مائل أملس يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{3}{5}$. أثرت عليه قوة مقدارها ٤ ث كجم في اتجاه خط أكبر ميل للمستوى إلى أعلى . أوجد مقدار واتجاه العجلة الناشئة وسرعة الجسم بعد ثانيتين من بدء الحركة .

الحل :

$$v = 4 \text{ ث كجم} , \text{ و } a = \frac{3}{5} \times 10 = 6 \text{ ث كجم}$$



∴ و جا ه < و

∴ الحركة إلى أسفل المستوى

∴ ك ء جا ه - و = ك ج

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

مثال (٢) : ترك جسم كتلته ١ كجم ليهبط تحت تأثير وزنه على خط أكبر ميل مستوى أملس يميل على الأفقى بزاوية ٤٥°. أوجد مقدار عجلة الجسم . أثرت على الجسم قوة تعمل فى المستوى الرأسى المار بخط أكبر ميل وتميل على المستوى بزاوية قياسها ٣٠° إلى أعلى فاستمر فى هبوطه ولكن بنصف عجلته السابقة . عين مقدار هذه القوة ورد فعل المستوى على الجسم .

الحل :

(أولاً) الوضع الأول : قبل تأثير القوة

∴ الجسم يهبط تحت تأثير وزنه فقط

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

(ثانياً) الوضع الثانى : بعد تأثير القوة

معادلة الحركة : ك ء جا ه - و جتا ٣٠ = ك ج

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

وبالضرب × ٢

$$\therefore 20 = 19.6 \times 4 - \frac{6}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 20 = 19.6 \times 4 - \frac{6}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

$$\therefore 10 = 9.8 \times 4 - \frac{3}{5} \times 9.8 \times 10$$

مثال (٣) : قاطرة كتلتها ٣٠ طن تجر عدداً من العربات كتلة كل منها ١٠ طن بقوة آلة مقدارها ٥٦ ت طن لتتصعد بها منحدرًا يميل على الأفقى بزاوية قياسها ٣٠° بعجلة منتظمة مقدارها ٤٩ سم / ث² فإذا كانت قوة المقاومة لحركة القاطرة والعربات تعادل ١٠ ت كجم لكل طن من الكتلة . أوجد عدد العربات . (سنة ٢٠٠٢)

الحل :

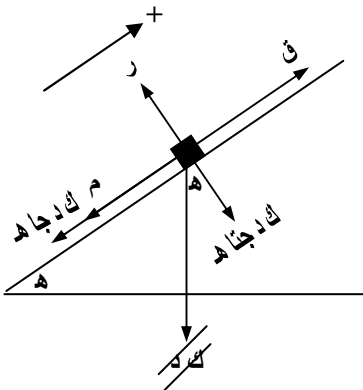
نفرض عدد العربات = س عربة

المقاومات الكلية = ١٠ (٣٠ + ١٠ س) ت كجم

$$100 = 10(30 + s)$$

∴ معادلة الحركة :

$$10 - 10(30 + s) = 10s$$



$$\therefore 0,49 \times 1000 \times (س + 3) 10 = 9,8 \times (س + 3) 100 - \frac{1}{4} \times 9,8 \times 1000 \times (س + 3) 10 - 9,8 \times 1000 \times 56$$

$$\therefore 4900 (س + 3) = 980 (س + 3) + 49000 (س + 3) + 548800$$

$$\therefore 548800 = (س + 3) 54880 \quad \therefore 10 = س + 3 \quad \therefore س = 7 \text{ عربات}$$

تمارين (٣ - ٤)

(١) ترك جسم كتلته ٤ كجم ليهبط تحت تأثير وزنه على خط أكبر ميل لمستوى أملس يميل على الأفقى بزاوية قياسها 30° . أوجد مقدار عجلة الجسم . وإذا أثرت على الجسم قوة تعمل فى المستوى الرأسى المار بخط أكبر ميل للمستوى ولأعلى وتصنع مع المستوى زاوية قياسها 60° فاستمر فى هبوطه ولكن بنصف عجلته السابقة فأوجد مقدار هذه القوة بثقل الكيلوجرام .
[الجواب : ٤,٩ متر/ث^٢ ، ٢ ث كجم]

(٢) جسم كتلته ٢٠٠ جم موضوع على مستوى مائل أملس يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{3}{5}$. أثرت عليه قوة مقدارها ٢٠٠ ث جم إلى أعلى المستوى وفى اتجاه خط أكبر ميل . أوجد مقدار عجلة الحركة . وإذا أنعدم تأثير القوة بعد مضي ثانيتين من بدء الحركة فأوجد المسافة التى يتحركها الجسم بعد ذلك على المستوى حتى يسكن لحظياً .
[الجواب : ٣٩٢ سم / ث^٢ ، $\frac{2}{3}$ ٥٢٢ سم]

(٣) مستوى مائل خشن طوله ٢٠ متراً وارتفاعه ٥ أمتار . أوجد أصغر سرعة يقذف بها جسم من أسفل نقطة فى المستوى المائل وفى اتجاه خط أكبر ميل للمستوى لكى يصل بالكاد إلى أعلى نقطة فى المستوى المائل علماً بأن الجسم يلاقى مقاومات تعادل $\frac{1}{4}$ وزنه .
[الجواب : ١٤ متر/ث]

(٤) جسم كتلته ١٠ كجم موضوع على مستوى أملس يميل على الأفقى بزاوية جيبها $\frac{4}{5}$. أثرت على الجسم قوة ٨ ث كجم فى اتجاه خط أكبر ميل للمستوى إلى أعلى ، أوجد مقدار عجلة الحركة ، وإذا أنعدم تأثير القوة بعد ٣ ثوان من بدء الحركة فأوجد المسافة التى يقطعها الجسم حتى يسكن لحظياً .
[الجواب : ١,٩٦ م / ث^٢ ، ٢,٩٤ متر]

ثالثاً : الدفع والتصادم

تعريف الدفع : هو حاصل ضرب متجه القوة \times زمن تأثيرها . ونرمز له بالرمز د

$$\therefore د = \vec{v} \times \vec{v} , د = ك (ع - ع')$$

ملاحظات هامة :

- (١) الوحدات المستخدمة فى معادلة الدفع :
القوة (نيوتن) ، ع (متر/ث) ، ك (كيلوجرام)
أ، القوة (داين) ، ع (سم / ث) ، ك (جرام)
- (٢) نحدد إشارة كل من \vec{v} ، ع ، ع' بالنسبة لاتجاه ثابت .

وحدات قياس مقدار الدفع :

- (١) عندما $د = \vec{v} \times \vec{v}$: تكون وحدات قياس الدفع هى : نيوتن . ثانية ، داين . ثانية
- (٢) عندما $د = ك (ع - ع')$: وحدات قياس الدفع هى : كجم . متر/ث ، جم . سم / ث

القوة الدفعية هى قوة كبيرة جداً تؤثر فى الجسم فترة زمنية صغيرة جداً فتحدث تغيراً محسوساً فى كمية حركته .
ومن أمثلتها : قوة انفجار البارود ، قوة دفع مضرب التنس على الكرة ،

إذا تصادمت كرتان فإن دفع الكرة الأولى على الثانية = التغير في كمية حركة الكرة الثانية
إذا تصادمت كرتان فإن دفع الكرة الثانية على الأولى = التغير في كمية حركة الكرة الأولى

معادلة الاحتفاظ بكمية الحركة :

(أولاً) التصادم المرن : $ك_١ع_١ + ك_٢ع_٢ = ك_١ع_٣ + ك_٢ع_٣$
(ثانياً) التصادم غير المرن : $ك_١ع_١ + ك_٢ع_٢ = (ك_١ + ك_٢)ع_٣$

ملاحظة هامة جداً :

في جميع الحالات نتخذ متجه ثابت للمسألة ونحدد على أساسه إشارة السرعات
وفي حالة الارتداد يفضل اعتبار اتجاه الارتداد هو الموجب وعكسه السالب .

مثال (١) : كرة كتلتها $\frac{1}{4}$ كجم تتحرك أفقياً بسرعة ٧,٣ متر/ث . اصطدمت بجائط رأسى وارتدت بسرعة مقدارها ٩ كم / س . أوجد دفع الجائط على الكرة . وإذا كان زمن تلامس الكرة والجائط ٠,٠١ من الثانية فأوجد القوة المتوسطة لضغط الكرة على الجائط بشقل الكيلوجرام .

الحل :

$\therefore د = ك(ع - ع')$
 \therefore دفع الجائط على الكرة = التغير في كمية حركة الكرة
 $\frac{1}{4} = [(٧,٣ - ٩) \times \frac{1}{4}] \times 1000 = ٢,٤٥$ كجم . متر/ث
 $\therefore ٢,٤٥ \times ٠,٠١ = ٢,٤٥$ نيوتن
 $\therefore ٢,٤٥ = \frac{٢٤٥}{٩,٨} = ٢٥$ ث كجم .

مثال (٢) : كرة كتلتها ٣٠٠ جم تتحرك بسرعة ٦٠ سم / ث على أرض أفقية اصطدمت بجائط رأسى فأثر عليها بدفع مقدار ٠,٤٨ نيوتن . أوجد سرعة ارتداد الكرة من الجائط .

الحل :

$\therefore د = ك(ع - ع')$
 $\therefore ٠,٤٨ \times 100 = ٣٠٠(ع - ٦٠)$
 $\therefore ع = ١٠٠$ سم / ث

مثال (٣) : كرة ملساء كتلتها ٢٠٠ جم تتحرك في خط مستقيم بسرعة ٤ متر/ث لحقت بكرة ملساء أخرى كتلتها ١٠٠ جم تتحرك بسرعة ٢ متر/ث في نفس الخط المستقيم وفي نفس الاتجاه . فإذا أصبحت سرعة الكرة الأولى بعد التصادم مباشرة ٣ متر/ث في نفس الاتجاه ، فأوجد سرعة الكرة الثانية بعد التصادم .

الحل :

$\therefore ك_١ع_١ + ك_٢ع_٢ = ك_١ع_٣ + ك_٢ع_٣$
 $\therefore ٢٠٠ \times ٤ + ١٠٠ \times ٢ = ٢٠٠ \times ٣ + ١٠٠ \times ع_٢$
 $\therefore ٨٠٠ + ٢٠٠ = ٦٠٠ + ١٠٠ع_٢$
 $\therefore ٤٠٠ = ١٠٠ع_٢$
 $\therefore ع_٢ = ٤$ متر/ث
 \therefore الكرة الثانية تتحرك بعد التصادم بسرعة ٤ متر/ث في نفس الاتجاه

مثال (٤) : تتحرك كرتان ملساوان كتلة كل منهما ٢٠٠ جم فى خط مستقيم على مستوى أفقى . الأولى بسرعة ٤ متر/ ث والثانية بسرعة ٦ متر/ ث فى نفس اتجاه الأولى فإذا تصادمت الكرتان فعين سرعة كل منهما بعد التصادم مباشرة علماً بأن مقدار دفع الكرة الثانية على الأولى يساوى ٥ × ١٠ داين . ثانية .

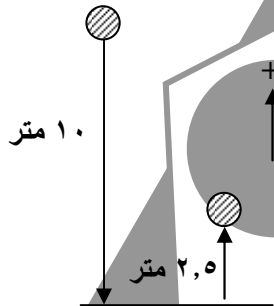
الحل :

$$\begin{aligned} \therefore \text{دفع الكرة الثانية على الأولى} &= \text{د} \\ \therefore \text{ك} \cdot \text{ع} &= (\text{ع} - \text{ع}) \\ \therefore \text{ع} &= 400 - 10 \times 5 \\ \therefore \text{ع} &= 350 \text{ سم / ث} = 3.5 \text{ متر / ث} \\ \therefore \text{د} &= (\text{ع} - \text{ع}) \\ \therefore \text{ع} &= 600 - 250 = 350 \text{ سم / ث} = 3.5 \text{ متر / ث} \end{aligned}$$

∴ الكرتان تتحركان بعد التصادم فى نفس اتجاههما الأولى بسرعة ٦,٥ متر/ ث والثانية بسرعة ٣,٥ متر/ ث

مثال (٥) : سقطت كرة من المطاط كتلتها ١٠٠ جم من ارتفاع ١٠ أمتار عن سطح الأرض فارتدت بعد الصدمة إلى ارتفاع ٢,٥ متراً . فما مقاومة الأرض للكرة بثقل الكيلوجرام إذا علم أن زمن الصدمة بالأرض $\frac{1}{7}$ من الثانية

الحل :



حالة السقوط : $\text{ع} = \text{ع} + 2 \times \text{ع}$

$$\therefore \text{ع} = 196 = 10 \times 9.8 \times 2 + 0$$

∴ سرعة الكرة قبل التصادم مباشرة = ١٤ متر/ ث رأسياً لأسفل

حالة الارتداد : $\text{ع} = \text{ع} + 2 \times \text{ع}$

$$\therefore \text{ع} = 0 = 2.5 \times 9.8 \times 2 - \text{ع}$$

∴ سرعة ارتداد الكرة = ٧ متر/ ث لأعلى

$$\therefore \text{ع} \times \text{ع} = \text{ع} \times \text{ع} \quad \text{ك} (\text{ع} - \text{ع})$$

$$\therefore \text{ع} = 147 \text{ نيوتن} \quad \therefore \text{ع} = \frac{1}{7} \times 147 = 21 \text{ نيوتن}$$

∴ القوة الدافعية = مقاومة الأرض - وزن الكرة

$$\therefore \text{ع} = \text{م} - \text{ك} \quad \therefore \text{ع} = \text{م} + \text{ك}$$

$$\therefore \text{مقاومة الأرض} = 147 + 9.8 \times 0.1 = 147.98 \text{ نيوتن} = \frac{147.98}{9.8} = 15.1 \text{ كجم}$$

مثال (٦) : سقطت مطرقة كتلتها ٥٠٠ كجم من ارتفاع ٤,٩ متر على وتد كتلته ٢٠٠ كجم فكونا جسماً واحداً خاص فى الأرض مسافة ٥ سم . أوجد متوسط مقاومة الأرض للتود بثقل الكيلوجرام .

الحل :

نحسب سرعة المطرقة لحظة اصطدامها بالتود من القانون $\text{ع} = \text{ع} + 2 \times \text{ع}$ نجدها $\text{ع} = 9.8 \text{ متر / ث}$

$$\therefore \text{ع} \cdot \text{ك} + \text{ع} \cdot \text{ك} = \text{ع} \cdot (\text{ك} + \text{ك})$$

$$\therefore 9.8 \times 500 + 0 = 0 + 200 \times \text{ع} \quad \text{ومنها} \quad \text{ع} = 7 \text{ متر / ث} \quad \text{(سرعة المطرقة والتود)}$$

نحسب عجلة حركة الجسم المشترك من القانون $\text{ع} = \text{ع} + 2 \times \text{ع}$ نجد أن $\text{ع} = 490 \text{ متر / ث}^2$

∴ معادلة حركة الجسم المشترك داخل الأرض هى : $\text{ك} - \text{ع} = \text{م} \quad \text{ك} = \text{م} + \text{ع}$

$$\therefore \text{م} = \text{ك} (\text{د} - \text{ج}) = (490 + 9.8) \times 700 = 499.8 \times 700 \text{ نيوتن} \quad \therefore \text{مقاومة الأرض} = \frac{499.8 \times 700}{9.8} = 35700 \text{ كجم}$$

تمارين (٣ - ٥)

- (١) جسم كتلته ٣٠٠ جم . أثرت عليه قوة فغيرت سرعته من ٢٠ سم / ث إلى ٤٥ سم / ث في نفس الاتجاه ، أوجد مقدار دفع هذه القوة .

[الجواب : ٧٥٠٠ جم . سم / ث]

- (٢) قذفت كرتان ملساوان متساويتا الكتلة على نضد أفقى أملس بحيث تحركتا على خط مستقيم أفقى واحد ، الأولى بسرعة ٤٠ سم / ث والثانية بسرعة ٣٠ سم / ث في اتجاه مضاد للأولى ، فإذا ارتدت الكرة الثانية بعد التصادم بسرعة ٨ سم / ث فأوجد سرعة الكرة الأولى بعد التصادم . وإذا كانت كتلة كل من الكرتين ٩٠ جم فأوجد مقدار دفع الكرة الأولى على الثانية .
- [الجواب : ٢ سم / ث ، ٣٤٢٠ جم . سم / ث]

- (٣) ٢ ج خط أكبر ميل لمستوى أملس يميل على الأفقى بزاوية قياسها ٣٠° حيث ٢ هي النقطة العليا ، ٢ ج = ١٤,٤ متراً ، ب منتصف ٢ . وضعت كرة ملساء كتلتها ٣ جم عند ٢ فتحركت في اتجاه ٢ ج واصطدمت عند ب بكرة أخرى ملساء ساكنة لحظياً كتلتها ١ جم فإذا كونت الكرتان بعد التصادم جسماً واحداً . أوجد سرعة هذا الجسم عند النقطة ج .
- [الجواب : ١٠,٥ م / ث]

- (٤) تتحرك كرتان ملساوان كتلتاهما ٠,٢ كجم ، ٠,٤ كجم في خط مستقيم على أرض أفقية وكانت سرعة الأولى ٦ م / ث وسرعة الثانية ٨ م / ث في نفس اتجاه حركة الأولى . صدمت الكرة الثانية الكرة الأولى فنقصت سرعة الكرة الثانية بمقدار ١ م / ث . عين سرعة الكرة الأولى بعد التصادم مباشرة .
- [الجواب : ٨ م / ث]

- (٥) تتحرك كرتان ملساوان كتلتاهما ١٠٠ جم ، ٢٠٠ جم في خط مستقيم واحد على مستوى أفقى أملس وفي اتجاهين متضادين ، وكانت سرعة الكرة الأولى ١٠٠ سم / ث والثانية ٢٠٠ سم / ث فإذا تصادمت الكرتان واستمرت الكرة الثانية في نفس اتجاه حركتها ، عين سرعة كل منهما بعد التصادم مباشرة علماً بأن مقدار دفع الكرة الثانية للكرة الأولى يساوى ٠,٢٥ نيوتن . ث .
- [الجواب : ١٥٠ ، ٧٥ سم / ث]

- (٦) سيارة (أ) كتلتها ٤ طن تتحرك بسرعة منتظمة مقدارها ٥ م / ث في خط مستقيم على مستوى أفقى أملس ، صدمت سيارة أخرى (ب) ساكنة كتلتها ٣ طن . وبعد التصادم مباشرة كانت سرعة السيارة (ب) بالنسبة للسيارة (أ) هي ٢ م / ث . أوجد مقدار السرعة الفعلية لكل من السيارتين بعد التصادم .
- [الجواب : ٢ ، ٤ م / ث]

- (٧) أسقطت مطرقة رأسياً كتلتها طن واحد من ارتفاع ٤,٩ متراً على عمود من أعمدة الأساس كتلته ٤٠٠ كجم فدكته رأسياً في الأرض لمسافة ١٠ سم . عين السرعة المشتركة للمطرقة والعمود بعد التصادم مباشرة وكذلك مقاومة الأرض بثقل الكيلوجرام
- [الجواب : ٧ م / ث ، ٣٦٤٠٠ ث كجم]

- (٨) تتحرك كرتان ملساوان كتلتاهما ١٠٠ جم ، ٣٠٠ جم في خط مستقيم واحد على مستوى أفقى أملس ، وفي اتجاهين متضادين بالسرعتين ٨٠ سم / ث ، ٢٠ سم / ث على الترتيب . فإذا علم أن الكرتين تحركتا بعد التصادم كجسم واحد ، فاحسب سرعة هذا الجسم بعد التصادم مباشرة وكذلك مقدار دفع أى من الكرتين على الأخرى .
- [الجواب : ٥ سم / ث ، ٧٥٠٠ داین . ث]

- (٩) تتحرك كرتان ملساوان كتلتاهما ٠,٢٤ كجم ، ٠,٣ كجم في خط مستقيم واحد على أرض أفقية ملساء وكانت سرعة الأولى ٥ م / ث وسرعة الثانية ٧ م / ث في نفس اتجاه حركة الأولى . تصادمت الكرتان فزادت سرعة الكرة الأولى نتيجة للتصادم بمقدار ١ م / ث . عين سرعة الكرة الثانية بعد التصادم مباشرة ومقدار دفع أى من الكرتين على الأخرى .
- [الجواب : ٦,٢ م / ث ، ٠,٢٤ نيوتن . ث]

(بقية التمارين في الصفحة القادمة)

(١٠) علق جسم فى ميزان زنبركى مثبت فى سقف مصعد فسجل الميزان القراءة ٢٢ ث كجم عندما كان المصعد صاعداً بعجلة منتظمة مقدارها ٣ م/ث^٢ وسجل الميزان القراءة ١١ ث كجم عندما كان المصعد صاعداً بتقصير منتظمة مقداره $\frac{3}{4}$ م/ث^٢ . احسب كتلة الجسم وقيمة ج .

[الجواب : ١٧,٦ كجم ، ٢,٤٥ م/ث^٢]

(١١) أطلقت قذيفة كتلتها $\frac{1}{8}$ كجم بسرعة أفقية مقدارها ٥ م/ث على هدف ساكن كتلته ٣ كجم موضوع على سطح أفقى فاستقرت القذيفة فى الهدف وتحرك الجسمان بعد التصادم كجسم واحد . أوجد مقدار السرعة المشتركة لهما عقب الإصابة . وإذا لاقى هذا الجسم مقاومة ثابتة أثناء حركته وسكن بعد أن قطع مسافة $\frac{1}{4}$ متر فأوجد قيمة مقدار هذه المقاومة بالنيوتن .
[الجواب : $\frac{1}{5}$ م/ث^٢ ، $\frac{1}{8}$ نيوتن]

إذا أرضيت والديك رضى الله عنك
وإذا رضى الله عنك وفقك دنيا وآخره